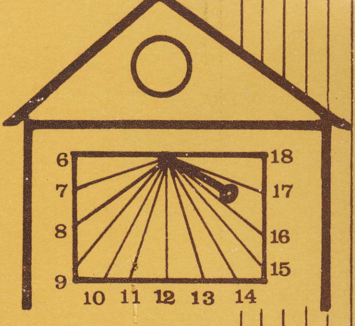
Dipl.ing.
ZLATKO BRITVIĆ



SUNČANE URE

napravi sam

9796

Zlatko Britvić, dipl. ing.

SUNČANE URE

NAPRAVI SAM

Sadržaj

Što je sunčana ura . . . .
Vrste sunčanih ura . . . .
Horizontalna sunčana ura . . . .
Vertikalna sunčana ura . . . .
Ekvatorska sunčana ura . . . .
Tablice jednadžbe vremena . . . .
Tablice deklinacije Sunca . . . .
Ilustrirani rječnik astronomskih pojmova . . . .

Zagreb, 1983.

ASTRONOMSKO DRUŠTVO "OTON KUČERA"
41080 Zagreb – Šestine, Pošta Šestine pp

Urednički odbor:
Vladimir Bermanec, dipl. ing.
Zlatko Britvić, dipl. ing.
Čedomir Igaly, dipl. ing.
Valter Vlah

Recenzent:
Dr. Predrag Terzić, dipl. ing.
Viši predavač Geodetskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

Lektor:
Dr. Ivan Bach
Sveučilišni profesor

Izdavač:
Astronomsko društvo "Oton Kučera"

PREDGOVOR

Godinama su ljubitelji astronomije i veliki broj ljubitelja prirodnih znanosti nastojali izraditi u svojim školama, ustanovama i domovima SUNČANU URU.

Naša usmena i pismena uputstva nisu bila dovoljna, jer je većina ljubitelja nailazila na niz poteškoća zbog pomanjkanja literature o izradi sunčanih ura. Kako interes za izradu sunčanih ura neprekidno raste, Astronomsko društvo "Oton Kučera" odlučilo je izdati popularnu brošuru o izradi sunčanih ura.

Uputstva su pisana jednostavno i razumljivo za najširi krug ljudi s osnovnom naobrazbom.

Smatramo da nekih većih poteškoća neće biti. Ukoliko ih bude, obratite se našem društvu za dodatna objašnjenja pa i za eventualna zajednička rješenja.

UREDNIČKI ODBOR

NAPOMENA

Budući da u suvremenom književnom jeziku nemamo nijednu hrvatsku niti koju riječ slavenskog porijekla za napravu za mjerenje vremena odnosno posebnu riječ za jedinicu vremena (24. dio dana), u ovoj ćemo knjižici riječ s a t (od turske riječi sahat) upotrebljavati za jedinicu vremena, a riječ ura (od njemačke riječi die Uhr) za napravu za mjerenje vremena – kada smo, olako, bacili u "staro željezo" dobru hrvatsku riječ d o b nj a k (pokazuje doba ili vrijeme), koju, primjerice, Rudolf Filipović navodi kao našu riječ za njemačku die Uhr u svom "Novom rječniku hrvatskog i njemačkog jezika", Zagreb, Naklada knjižare Lavoslava Hartmanna, 1870. (na str. 448).

A evo i primjera iz današnjeg života o upotrebi riječi sat odnosno ura: za vrijeme – koliko je sati?, dvosatna vožnja, raspored sati ili satnica, satničar, vratio se kući u sitne sate, vlak kasni jedan sat, dva sata hoda do planinarske kuće, i sl. i za napravu za mjerenje vremena – urar, urarska radionica, urarski pribor, urarsko umijeće, staklo od ure, zidna ura i sl.

ŠTO JE SUNČANA URA?

Da li ste kada posjetili stare dijelove gradova, dvorce ili samostane? Ako jeste, tada se sigurno prisjećate da su Vam turistički vodiči bar jednom pokazali sunčanu uru na nekoj zgradi, na trgu ili u perivoju. Možda ste i Vi, kao i većina posjetilaca koja je slušala stručna tumačenja vodiča, nesvjesno pogledali na svoju ručnu ili džepnu uru da provjerite točnost drevnog pokazala vremena pred Vama.

Što je sunčana ura?

Sunčana ura je pokazivalo vremena; ona pokazuje dijelove dana – sate. Ona ne pokazuje vrijeme što nam ga pokazuju naše ure na rukama ili policama, u vitrinama ili na zidovima kuhinja i soba, jer se vrijeme što ga te ure pokazuju zove *srednje Sunčevo vrijeme* i to zonsko srednjoevropsko, a ljeti kad se kazaljke ura pomiču jedan sat unaprijed, dekretno vrijeme ili skraćeno ljetno vrijeme.

No, sunčana ura pokazuje *pravo Sunčevo vrijeme*, a to znači da ona pokazuje prave položaje sunca na nebu. Primjerice, kad je Sunce u najvišem položaju, astronomi kažu: Sunce je u meridijanu. Uobičajen je naziv i podne, odnosno *pravo podne*, jer je Sunce zaista u najvišoj točci, u najvišoj dnevnoj visini, u meridijanu. Sasvim je pogrešan naziv: Sunce u zenitu, što ga često srećemo u filmovima, knjigama i novinama. Zenit je poseban pojam i Sunce u našim krajevima nikada ne može biti u zenitu (tjemeništu), jer je zenit zamišljena točka na nebu iznad naše glave odnosno tjemena.

Srednje podne koje pokazuju naše mehaničke ili elektroničke ure, može se razlikovati od pravog podneva i do sedamnaest minuta. Samo četiri puta godišnje srednje podne i pravo podne padaju zajedno i to oko datuma: 15.IV, 14.VI, 1.IX i 25.XII. Sunčane ure svakodnevno pokazuju pravo podne, odnosno položaj Sunca u najvišoj točci tokom dana.

Kako se to zna?

Astronomi su postavili relaciju koja im omogućuje da znaju točne odnose pravog i srednjeg Sunčevog vremena. Tu relaciju su oni nazvali *jednadžba vremena*, a definira se ovako: jednadžba vremena je razlika između pravog i srednjeg Sunčevog vremena. To znači: ako znamo jednadžbu vremena i jedno od ta dva vremena (srednje ili pravo), drugo vrijeme možemo lako izračunati.

O jednadžbi vremena ćemo još mnogo govoriti, a sad je dovoljno da kažemo da se njena vrijednost za svaki dan može naći u priloženim tablicama u ovoj brošuri.

Prema svemu zaključujemo da sunčane ure pokazuju pravo Sunčevo vrijeme, a naše obične ure srednje Sunčevo vrijeme.

Pa zašto se u svakodnevnom životu ne služimo pravim Sunčevim vremenom nego srednjim Sunčevim vremenom?

Osnovni je razlog u tome da pravo Sunčevo vrijeme ne teče jednoliko, odnosno Sunce se prividno giba nekad brže a nekad sporije zbog bržeg ili sporijeg gibanja Zemlje oko Sunca. Zato je "izmišljeno" srednje Sunčevo vrijeme, vrijeme koje jednoliko teče, jer se zamišlja da se Sunce jednoliko prividno giba po ekvatoru. Zapravo se Sunce prividno giba po ekliptici.

Neka Vas ovi pojmovi ne zabrinu i ne poplaše u namjeri da se upoznate sa sunčanim urama. Jednadžba vremena, pravo i srednje Sunčevo vrijeme, ekvator i ekliptika nisu nikakvi nedokučivi pojmovi. S njima ćemo Vas slikom i riječima upoznati u priloženom malom rječniku astronomskih pojmova.

VRSTE SUNČANIH URA

Sunce je već primitivnim narodima služilo kao pomagalo za određivanje dijelova dana. Sigurno se zna da je prvi "instrument" za mjerenje vremena bio najobičniji drveni štap zaboden okomito u tlo. Štap ili stup (obelisk) koji je služio za mjerenje vremena nazvan je sjenopokazivač ili gnomon. Gnomon je grčka riječ, a znači: onaj koji zna, znalac.

U tisućljetnim iskustvima mjerenja vremena u izradbi sunčanih ura zadržan je sjenopokazivač, gnomon. U astronomiji je nastala posebna grana koja se bavi izradbom sunčanih ura, a zove se gnomonika. U toj se grani astronomi bave praktičkim i teorijskim pojedinostima izradbe sunčanih ura.

Ovdje ćemo prikazati načine izradbe triju vrsti sunčanih ura i to:

1. horizontalne,
2. vertikalne i
3. ekvatorske.

HORIZONTALNA SUNČANA URA

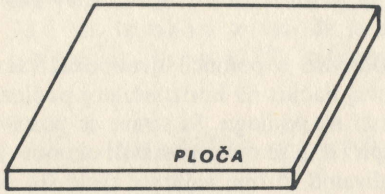
Horizontalna (razita ili vodoravna) sunčana ura izrađuje se na horizontalnoj plohi pa joj odatle i naziv. Kao horizontalna podloga može poslužiti; ploča od kamena, betona drva ili bilo kojeg čvrstog materijala. Postavlja se horizontalno s pomoću libele (razulje). Drugi osnovni dio horizontalne sunčane ure je šipka (štap) koja će bacati sjenu. Ona je obično od željeza, aluminija ili koje slične kovine. Na horizontalnoj se ploči ucrtaju: *podnevna linija*, kao temeljna crta koja će označavati smjer sjever – – jug (N – S) i *satne linije* ili satne crte. Na podnevnu liniju povuče se okomiti pravac koji označuje smjer istok – zapad (E – W). Šipka ili gnomon se ubetonira ili pričvrsti na horizontalnu ploču pod kutom geografske širine mjesta sunčane ure, u sjecištu podnevne linije i okomitog pravca, a u ravnini meridijana.

Dijelove horizontalne sunčane ure prikazuju crteži 1, 2, 3, 4 i 5.

Ploča na kojoj je izrađena sunčana ura mora se postaviti na neki stup i usmjeriti (orijentirati) podnevnu liniju u meridijansku ravninu.

Prikazat ćemo postupak izradbe horizontalne sunčane ure:

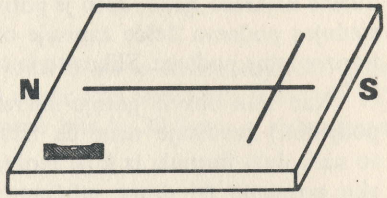
1) potrebno je najprije nabaviti ravnu ploču koja može biti četvrtasta, jajolika ili kružna,
2) nabaviti šipku koja će poslužiti kao sjenopokazivač,
3) na ploču ucrtati dva međusobno okomita pravca čija presjecišta neće biti u sredini, nego pri jednom kraju ploče, i
4) tamo gdje se sijeku pravci (u presjecištu) ubetonirat ćemo ili pričvrstiti metalnu šipku pod kutom koji je jednak geografskoj širini i u ravnini meridijana.



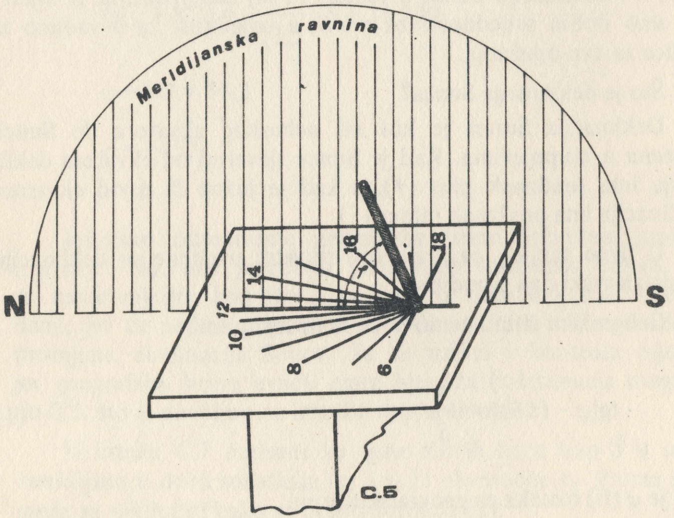
C.1

C.2

C.3



C.4



C.5

Evo i prvog astronomskog zadatka za izrađivače sunčane horizontalne ure: *određivanje geografske širine položaja sunčane ure.*

Geografsku širinu ćemo odrediti s pomoću sjenopokazivača (štapa) ili gnomona, i to na ovaj način: na horizontalnoj podlozi postavi se papir koji se pričvrsti na podlogu. Sa strane se postavi štap koji će bacati sjenu na papir (štap se mora postaviti okomito). Naš zadatak se sastoji u određivanju dužine najkraće sjene što će je baciti štap u toku dana. Nakon tog mjerenja, tj. mjerenja dužine najkraće sjene, izmjerimo i visinu štapa (od zemlje ili ploče do vrha). Ponovimo ta mjerenja u toku nekoliko dana radi veće točnosti. Posebnu pozornost mjerač treba obratiti određivanju dužine najkraće sjene. Zato je potrebno da se sat, dva prije i poslije srednjeg podneva češće zapisuje olovkom dužina sjene na papiru horizontalne podloge. Slikovito je to prikazano na crtežu 6.

Kad smo obavili gornja mjerenja (ravnalom s milimetarskom podjelom) preostaje nam da izračunamo geografsku širinu. Za to nam služi formula iz koje možemo izračunati geografsku širinu, ako poznamo tri druge veličine: dužinu najkraće sjene s, visinu štapa $\check{S}$ i deklinaciju Sunca δ (delta) za taj dan opažanja. Iz mjerenja smo dobili vrijednosti za s i $\check{S}$, a vrijednost za δ vadimo iz tablice za dan opažanja.

Što je deklinacija Sunca?

Deklinacija Sunca je kut od nebeskog ekvatora do Sunca izražena u stupnjevima. Kad je Sunce sjeverno od ekvatora deklinacija ima predznak plus (+), a kad je južno ili ispod ekvatora deklinacija ima predznak minus (-).

U dvije tablice na kraju ove brošure uvrštene su deklinacije Sunca za svaki dan u godini.

Geografsku širinu ćemo izračunati formulom:

$$\mathrm{tg}[\varphi - (\pm\delta)] = \frac{s}{\check{S}} \qquad (1)$$

gdje je φ (fi) oznaka za geografsku širinu.

Primjer: 25. IV 1982. godine u vrtu u nekom gradu određivala se dužina najkraće sjene radi izračunavanja geografske širine tog vrta. Izmjerena najkraća sjena bila je: 14,3 cm, a visina štapa 22,2 cm. Iz tablica se vidi da je deklinacija Sunca toga dana bila $\delta = +13° \, 01'$ ili $\delta = +13\overset{\circ}{,}0$. Iz formule (1) slijedi:

$$\mathrm{tg}(\varphi - 13\overset{\circ}{,}0) = \frac{14{,}3}{22{,}2} = 0{,}64\,414$$

$$\varphi - 13\overset{\circ}{,}0 = 32\overset{\circ}{,}8$$

$$\varphi = +45\overset{\circ}{,}8$$

Za isti grad i u istom vrtu određivala se dužina najkraće sjene u jesen, 15. X 1982. Toga dana deklinacija Sunca bila je $\delta = -8° \, 19'$ ili $\delta = -8\overset{\circ}{,}3$, dužina najkraće sjene bila je 30,8 cm, a visina štapa 22,2 cm. Iz (1) slijedi:

$$\mathrm{tg}(\varphi + 8\overset{\circ}{,}3) = \frac{30{,}8}{22{,}2} = 1{,}38\,739$$

$$\varphi + 8\overset{\circ}{,}3 = 54{,}2$$

$$\varphi = +45\overset{\circ}{,}9$$

Jesensko određivanje geografske širine potvrđuje proljetno mjerenje. No, nije potrebno tako dugo vremenski čekati, nego se može mjeriti, kao što je rečeno, u toku nekoliko slijedećih dana, jer će najkraća sjena uvijek biti različita radi svakodnevne promjene deklinacija Sunca. Tu se nalazi i kontrola mjerenja, jer geografska širina uvijek mora biti ista (odstupanja mogu biti do $0\overset{\circ}{,}5$, što je dovoljno za izradbe sunčanih ura).

U crtežu C.7 narisane su sjene što ih baca štap $\check{S}$ u ravnini meridijana u doba solisticija (s_1 i s_3) i ekvinocija s_2. Prema crtežu može se zaključiti kako se dobila formula (1).

Možda to izgleda teško, jer se koristi trigonometrijska funkcija

tangens. No ni tu ne mora biti poteškoća. Za to nam može poslužiti točnija geografska karta u koju su unijete koordinate: širina i dužina. Prema toj karti može se s dovoljnom točnošću odrediti geografska širina φ i geografska dužina λ koja počinje od Greenwichkog meridijana.

Naš zadatak kojim smo trebali odrediti geografsku širinu je završen.

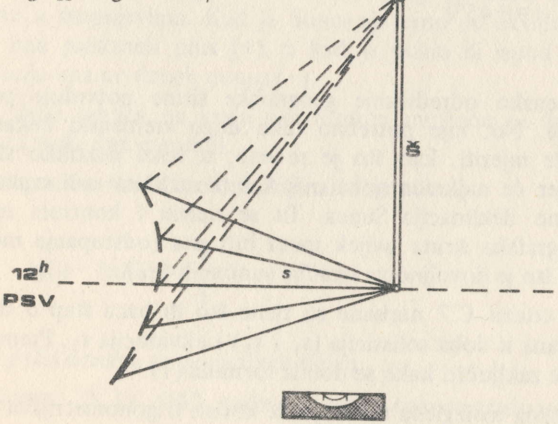
Riješili smo ga prema kretanjima Sunca, odnosno promatranjem i određivanjem najkraće sjene štapa u toku dana. Ili, bez našeg promatračkog sudjelovanja, jednostavnim određivanjem našeg položaja sa geografskih karata.

Šipku (sjenopokazivač) koju smo namijenili našoj horizontalnoj sunčanoj uri, možemo sada ubetonirati ili pričvrstiti u već ucrtano presjecište pod kutem φ, no istodobno moramo pripaziti da bude u vertikalnoj meridijanskoj ravnini.

Drugi zadatak za izrađivače sunčane horizontalne ure sastoji se u određivanju položaja satnih linija.

Tu će nam ponajprije trebati računski postupak u kojem ćemo koristiti i trigonometrijsku funkciju sinus. Od podnevne linije trebamo ucrtati satne linije na lijevu i desnu stranu. Za to ćemo se poslužiti formulom:

$$\operatorname{tg} t_H = \operatorname{tg} t \cdot \sin \varphi \qquad (2)$$



C.6

t_H označuje kut satne linije od podnevne linije, t je satni kut Sunca, a φ geografsku širinu.

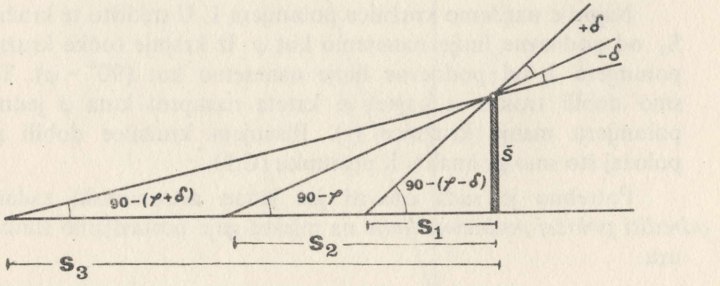
Satni kut Sunca t je kut između ravnine nebeskog meridijana i deklinacijskog kruga Sunca (prema crtežu 31); upravo je razmjeran vremenu proteklom od prolaza Sunca kroz meridijan, odnosno od pravog podneva.

Za geografsku širinu φ datog mjesta i sa datim satnim kutovima: 1 h ili 15°, 2 h ili 30°, 3 h ili 45°, ... dobit ćemo kutove t_H za satne linije 11 h i 13 h, 10 h i 14 h, 9 h i 15 h ... sa meridijanom ili satnom linijom 12 h.

Primjer: Neka naš grad u kojem želimo napraviti horizontalnu sunčanu uru ima, primjerice, geografsku širinu $\varphi = 45°\ 30'$. Upotrebom izraza (2) dobit ćemo ove vrijednosti ($\sin \varphi = 0{,}71\ 325$):

sati h	t o	t_H o	sati h
12	0	0,0	12
11	15	10,8	13
10	30	22,4	14
9	45	35,5	15
8	60	51,0	16
7	75	69,4	17
6	90	90,0	18

Iz gornje tablice vidljivo je, da smo dobili kutove položaja pojedinih satnih linija od 6 h do 18 h. Te kutove nanašamo od



C.7

podnevne linije sa središtem u presjecištu podnevne linije i pravca istok – zapad (E – W). Jutarnje satne linije označujemo na lijevo od podnevne linije, počevši od 11 h, 10 h, . . ., a u 6 h upišemo točno na pravcu istok – zapad. Popodnevne satne linije označujemo na desno od podnevne linije, počevši od 13 h, 14 h, . . ., a 18 h upišemo točno na pravcu istok – zapad.

Za sve one koji ne vole numeričko računanje, postoji i grafički postupak.

I. postupak: u njemu se još služimo trigonometrijskom funkcijom sinus i to samo funkcijom sin φ.

Evo toka tog postupka:

Narišemo kružnicu polumjera 1 (jedan), a to znači bilo kojeg polumjera, jer taj polumjer uzimamo kao jedinicu. Uz tu kružnicu narišemo kružnicu polumjera sin φ; ona će uvijek biti manja od prve. Na primjer, ako narišemo kružnicu polumjera 10 cm, polumjer druge kružnice za sin $\varphi = +45^\circ\ 30'$ bit će 7,1325 cm.

Manju kružnicu podijelimo sada po 15°, jer je $1\ h = 15^\circ$, pa produžimo do tangente polumjere koji zatvaraju te kutove. Od točaka na tangenti povucimo tada pravce do središta veće kružnice ili kružnice polumjera 1 (crtež 8).

Dužina koja spaja točke s_1 i s_2 je podnevna linija.

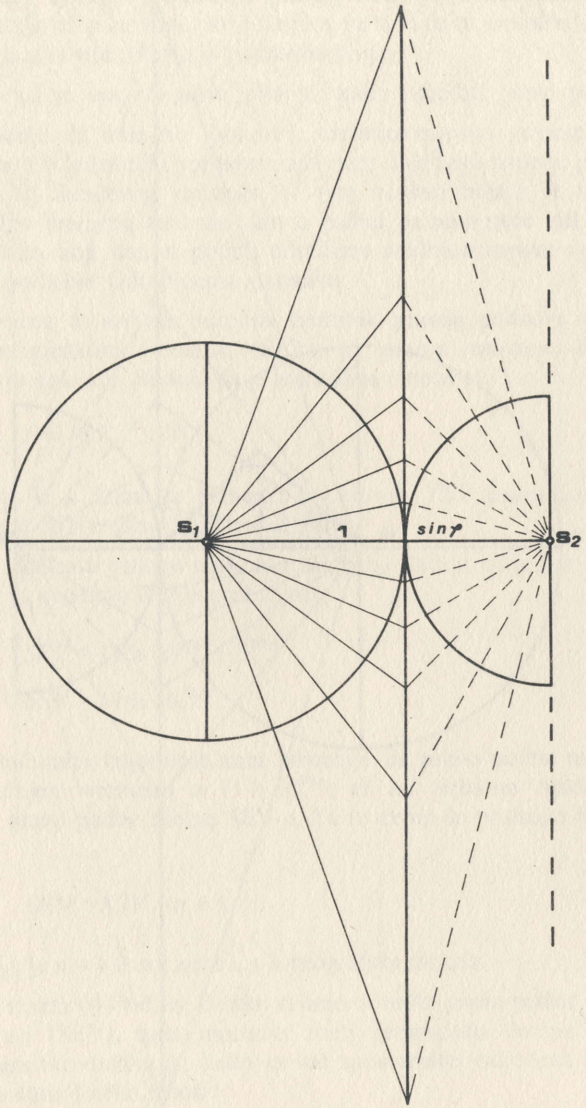
S crteža prenijeti nacrtane satne linije na ploču horizontalne sunčane ure.

II. postupak: u njemu se više ne služimo trigonometrijskim funkcijama.

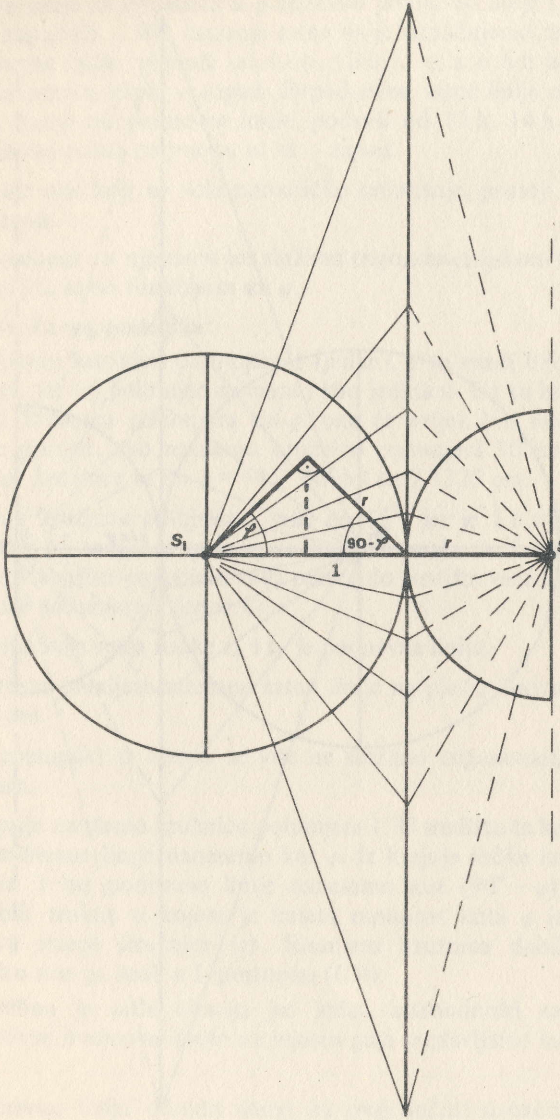
Najprije narišemo kružnicu polumjera 1. U središtu te kružnice S_1 od podnevne linije nanesemo kut φ. Iz krajnje točke kružnice polumjera 1 od podnevne linije nanesemo kut $(90^\circ - \varphi)$. Tako smo dobili trokut u kojem je kateta nasuprot kuta φ jednaka polumjeru manje kružnice (r). Risanjem kružnice dobili smo položaj što smo ga imali u I. postupku (C.9).

Potrebno je sada obaviti još jedan astronomski zadatak: *odrediti položaj podnevne linije* na mjestu gdje postavljamo sunčanu uru.

Podnevnu liniju odredit ćemo na ovaj način: označit ćemo jednu točku na terenu. Iznad nje objesimo visak pa će njegova



C.8



C.9

nit bacati sjenu. U trenutku pravog podneva označimo krajnji položaj sjene; ponovimo to nekoliko puta u toku nekoliko dana. Spojnica tih dviju točaka je podnevna linija.

A sad se nameće novo pitanje: kako odrediti pravo podne?

Znamo da naše ure pokazuju srednjoevropsko vrijeme. Već smo pisali o jednadžbi vremena; ona nam daje vezu između pravog i srednjeg Sunčevog vremena. U ovoj brošuri nalaze se tablice jednadžbe vremena za svaki dan u godini pa nam neće biti teško da za bilo koji dan u godini odredimo srednjoevropsko vrijeme pravog podneva. Određujemo ga ovako:

Želimo 6. svibnja odrediti trenutak pravog podneva prema srednjoevropskom vremenu (SEV), tj. prema vremenu što ga pokazuju naše ure. Budući da je jednadžba vremena:

$$E = PSV - SSV \qquad (3)$$

gdje je E izraz za jednadžbu vremena, PSV pravo Sunčevo vrijeme, a SSV srednje Sunčevo vrijeme.

Iz tablica u prilogu nalazimo za gornji datum da je $E = +3\overset{m}{,}5$, pa ako to uvrstimo u (3) dobit ćemo:

$$SSV = 12\text{ h }00\overset{m}{,}0 - 3\overset{m}{,}5$$

$$SSV = 11\text{ h }56\overset{m}{,}5$$

Izračunata vrijednost nam pokazuje da pravo podne nastupa po srednjem vremenu u 11 h $56\overset{m}{,}5$, ali mi trebamo znati kada će biti pravo podne prema SEV-u. Za to ćemo se poslužiti formulom:

$$\text{SEV} = SSV + n + \lambda \qquad (4)$$

gdje je $n = 1$ (broj zone), a λ geografska dužina.

Iz izraza (4) vidi se da ako želimo odrediti pravo podne prema našoj uri (SEV), tada moramo znati geografsku dužinu. Neka je geografska dužina λ, kako je već spomenuto, određena iz geografske karte i neka iznosi:

$\lambda = -1\ h\ 04^m$

Tada je srednjoevropsko vrijeme (SEV) pravog podneva:

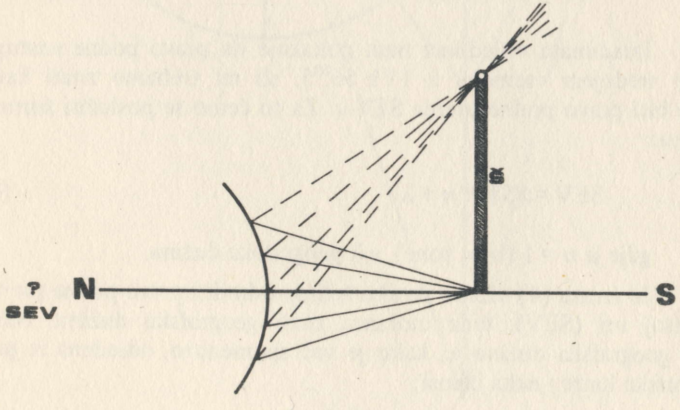
$$SEV = 11\ h\ 56{,}^m5 + 1\ h - 1\ h\ 04^m = 11\ h\ 52{,}^m5$$

Određivanje podnevne linije $T_2\ T_1$ obavit ćemo na već opisani način u 11 h $52{,}^m5$ SEV-a (crtež C.11).

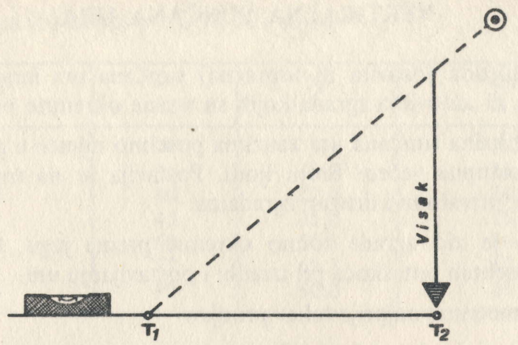
Neka je, iz bilo kojeg razloga, potrebno odrediti geografsku dužinu, a ne možemo je odrediti iz geografske karte. Kako je u astronomiji određivanje geografske dužine vrlo složen zadatak, mi ćemo je odrediti upotrebom štapa, gnomona, jer nam nije potrebna velika točnost. Dovoljno je da s pomoću naših ura (SEV) odredimo trenutak u kojem se pojavi najkraća sjena što ju baca štap.

Crtež 10 prikazuje taj postupak. U trenutku pojave najkraće sjene zabilježimo vremenski trenutak (SEV) što ga pokazuje naša točna ura. Prije tog mjerenja provjerite svoju uru prema vremenskim signalima što ih odašilju radio stanice.

Napomena: uočavanje pojava najkraće sjene nije jednostavno, pa se treba služiti papirima s četvrtastim ili bilo kojim mrežicama, kao npr. milimetarskim papirima. To isto vrijedi i za određivanje dužine najkraće sjene koja nam je potrebna za određivanje geografske širine.



C.10



C.11

Iz (4) je vidljivo da će biti:

$$\lambda = SEV - SSV - n \qquad (5)$$

Primjer: u Zagrebu smo 12. II 1983. godine odredili da je po SEV-u najkraća sjena gnomona bila u 12 h 10^m. Toga dana je jednadžba vremena bila $E = -14^m$, pa je srednje Sunčevo vrijeme (SSV) u pravo podne:

$$SSV = 12\ h - (-14^m) = 12\ h\ 14^m$$

Prema (5) dobit ćemo:

$$\lambda = 12\ h\ 10^m - 12\ h\ 14^m - 1\ h$$

$$\lambda = -1\ h\ 04^m$$

a to je kako znamo geografska dužina Zagreba. Mjerenja treba obaviti nekoliko puta pa se tada uzme srednja vrijednost svih dobivenih λ-a.

Određivanjem podnevne linije i ucrtavanjem položaja satnih linija pomoću kutomjera, završena je izradba horizontalne sunčane ure.

Funkcioniranje ure pokazat će nam da li smo sve valjano izradili i izmjerili.

Ova ura pokazivat će nam PRAVO SUNČEVO VRIJEME!

VERTIKALNA SUNČANA URA

Vertikalna (osovita ili uspravna) sunčana ura izrađuje se na panoima ili zidovima zgrada kojih su strane okrenute prema jugu.

Vertikalna sunčana ura zauzima posebno mjesto u gnomonici, jer je dostupna većem broju ljudi. Postavlja se na trgovima, na školskim, privatnim i drugim zgradama.

Ako je zid zgrade točno okrenut prema jugu, tada nema nekih posebnih poteškoća pri izradbi i postavljanju ure.

Razmotrimo najprije takav primjer.

Kao za horizontalnu tako je i za vertikalnu sunčanu uru potrebno odrediti geografsku širinu i dužinu na isti način opisan pri izradbi horizontalne sunčane ure.

Izgled vertikalne sunčane ure vidimo na crtežu C.12, a za njezinu izvedbu potrebna je šipka (C.13), boja za označavanje satnih linija i brojke od 6 do 18.

Podnevnu liniju određuje nam smjer viska, dok se šipka mora postaviti pod kutom $(90^\circ - \varphi)$ i to u meridijanskoj ravnini.

Satne linije ćemo ucrtati lijevo i desno, tj. simetrično na obje strane od podnevne linije koja se kod vertikalne sunčane ure poklapa s niti viska.

I u izvedbi vertikalne sunčane ure za određivanje položaja satnih linija mogu nam poslužiti tri postupka: jedan numerički i dva grafička.

Numerički postupak:

Upotrijebit ćemo formulu za određivanje položaja satnih linija vertikalne sunčane ure ako je zid zgrade okrenut točno prema jugu ili kako astronomi kažu, kad je azimut 90°:

$$\operatorname{tg} t_V = \operatorname{tg} t \cdot \cos\varphi \qquad (6)$$

gdje je t_V kut satne linije od podnevne linije, t satni kut Sunca, φ geografska širina.

Primjer: odredimo kuteve satnih linija od podnevne linije za vertikalnu sunčanu uru što se treba postaviti na geografskoj širini $\varphi = +45^\circ\ 30'$!

Iz izraza (6) za $\cos\varphi = 0{,}70091$ slijedi:

sati h	t o	t_V o	sati h
12	0	0	12
11	15	10,6	13
10	30	22,0	14
9	45	35,0	15
8	60	50,5	16
7	75	69,1	17
6	90	90,0	18

Za izračunate kutove potrebno je ucrtati satne linije od podnevne linije; za jutarnje sate lijevo, a za popodnevne desno.

Prenošenje izračunatih podataka na zid zgrade može se obaviti izravno mjerenjem kutova u središtu sunčane ure u koju će se ubetonirati šipka.

Mreža satnih linija može se izraditi na papiru pa je zatim prenijeti na zid zgrade.

Za one koji ne vole numerički postupak, prikazat ćemo dva grafička postupka.

I. grafički postupak: u njemu se služimo trigonometrijskom funkcijom cosinus.

Postupak je slijedeći:

Nacrtamo kružnicu polumjera 1, a uz nju (dotiče je) kružnicu polumjera $\cos\varphi$. Dakle, isto kao i za horizontalnu sunčanu uru s tom razlikom da je polumjer manje kružnice jednak cosinusu geografske širine, a ne sinusu (crtež C.14).

S_1 i S_2 su središta kružnica, a njihova spojnica tvori podnevnu liniju.

Manju kružnicu podijelimo (samo polukružnicu) po 15°, zatim polumjere produžimo do tangente kružnica ili okomice na spojnici $S_1\ S_2$. Iz točaka na tangenti povučemo crte do središta S_1 koje će biti satne linije naše vertikalne sunčane ure.

Tako nacrtane satne linije na papiru prenesemo na zid zgrade tako da poklopimo dužinu $S_1\ S_2$ s podnevnom linijom, što smo je već prije ucrtali s pomoću niti viska, jer je podnevna linija kod

vertikalne sunčane ure zapravo vertikalni pravac (crtež C.12).

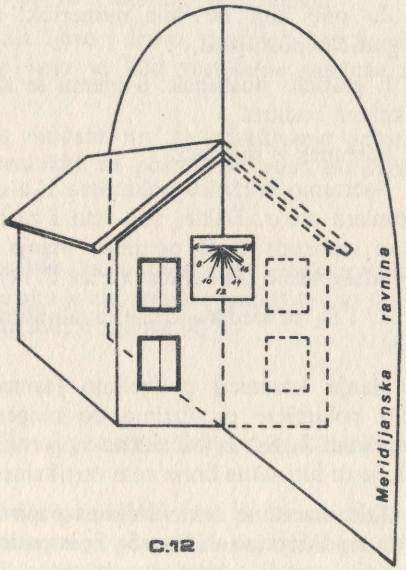
II. grafički postupak.

Određivanje položaja satnih linija grafičkim postupkom bez upotrebe trigonometrijskih funkcija na vertikalnoj sunčanoj uri slično je kao i na horizontalnoj sunčanoj uri. Razlika je samo u vrijednosti nanesenog kuta iz središta S_1. Kod horizontalne sunčane ure trebalo je iz S_1 nanijeti kut φ, a iz rubne točke polumjera 1 kut $(90^\circ - \varphi)$. Kod vertikalne sunčane ure treba učiniti obratno: iz S_1 nanijeti kut $(90^\circ - \varphi)$, a iz rubne točke kružnice polumjera 1 kut φ (C.15).

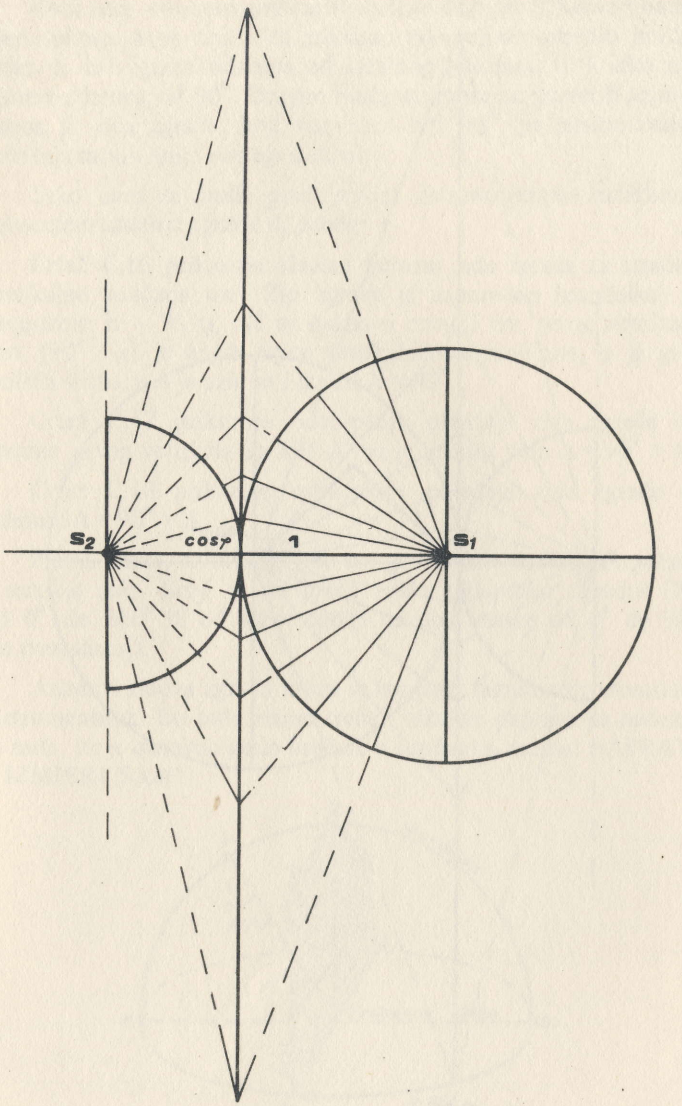
Kateta nasuprot kuta $(90^\circ - \varphi)$ je polumjer manje kružnice. Risanjem kružnice polumjera r sa središtem u S_2 dobivamo odnose koji su nam već otprije poznati.

Svi ti postupci za izradbu vertikalne sunčane ure vrijede za idealni položaj panoa ili zida zgrade, tj. kad su oni okrenuti točno prema jugu. No takvog položaja gotovo i nema.

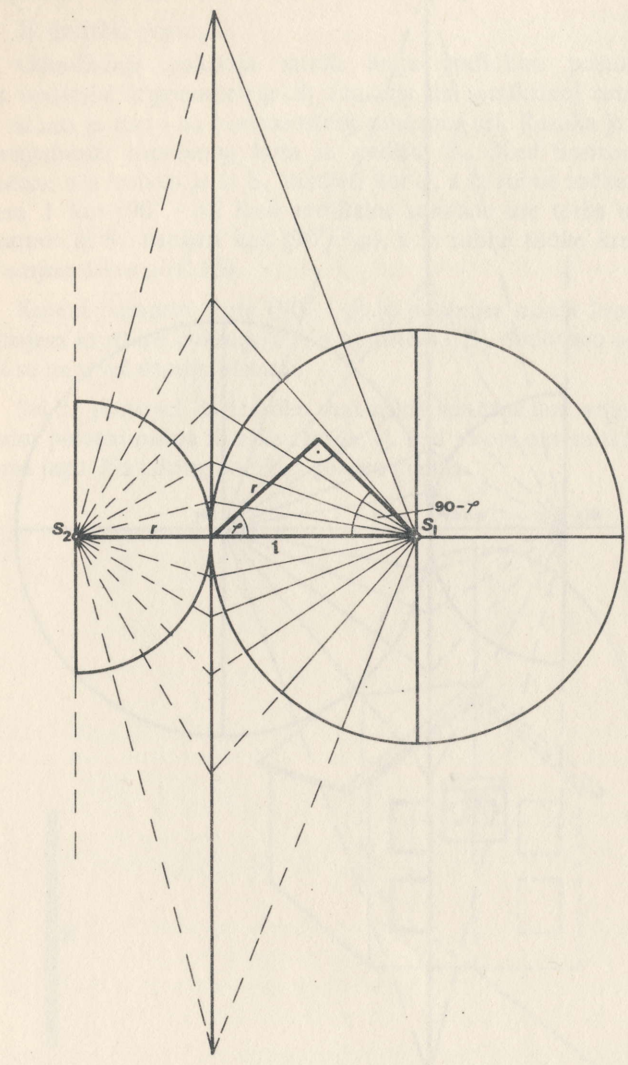
C.13



C.12



C.14



C.15

Radi toga moramo prihvatiti onakve okolnosti kakve imamo pred sobom, a to znači da trebamo mjerenjima odrediti koliko pano ili zid zgrade odstupa od idealnog položaja, tj. koliko mu azimut odstupa od 90°. Drugim riječima: moramo izmjeriti azimut panoa ili zida zgrade, koji više neće biti 90°, pa izračunavanje položaja satnih linija postaje složeno.

Tako smo se našli pred novim astronomskim zadatkom: *mjerenjem azimuta zgrade ili panoa.*

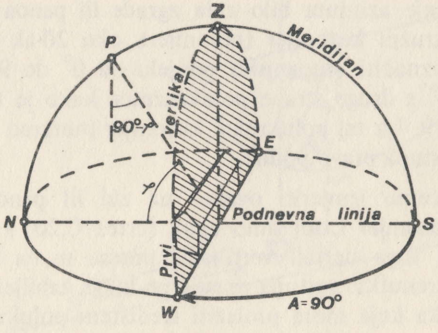
Crtež C.16 prikazuje idealan položaj zida zgrade za izradbu vertikalne sunčane ure. Zid zgrade je usporedan (paralelan) sa spojnicom E – W, tj. zid se nalazi u ravnini tzv. *prvog vertikala.* Kut (90° - φ) je nagib šipke vertikalne sunčane ure, φ je geografska širina, a A je azimut i iznosi A = 90°.

Crtež C.17 prikazuje odstupanje položaja zida zgrade od ravnine prvog vertikala za kut A' pa je azimut zida A = 90° + A'.

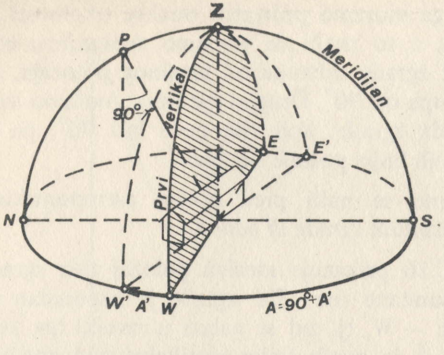
Crtež C.18 prikazuje odstupanje položaja zida zgrade za azimut: A = 90° - A'.

Prema tome, azimut je kut što ga zatvara meridijan opažača i vertikal zida. Broji se od južne točke (S) preko zapadne (W) od 0° do 360° ili od južne točke na obje strane od 0° do 90° (za ovaj slučaj).

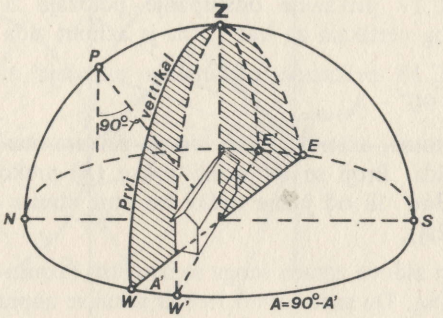
Azimuti zidova zgrada mogu se izmjeriti raznim astronomskim instrumentima. Do sada nismo trebali nikakve naprave pa nećemo ni sada, jer je osnovno geslo brošure o sunčanim urama: NAPRAVI I IZMJERI SAM!



C.16



C.17



C.18

Za mjerenje azimuta bilo zida zgrade ili panoa potrebno je izraditi polukružni kutomjer (polumjera oko 20-ak centimetara) i na njemu označiti stupanjsku podjelu od 0° do 90° s jedne i od 0° do 90° s druge strane polukružnice kako je to prikazano na crtežu C.19. Uz taj polukružni kutomjer moramo imati i visak i znati kad nastupa pravo podne.

Azimut ćemo izmjeriti ovako: uz zid ili pano prislonimo polukružni kutomjer i objesimo visak (crtež C.20) s napomenom da smo prije toga ucrtali vertikalni pravac m na horizontalnu crtu HH. U trenutku nastupa pravog podneva zabilježimo položaj sjene niti viska koja mora prolaziti središtem polukružnog kutomjera.

Kad bi zid zgrade ili pano bili točno okrenuti prema jugu tada bi nit viska (C.19) pokazivala 0° polukružnog kutomjera (isprekidana crta), a azimut zida ili panoa bio bi 90°.

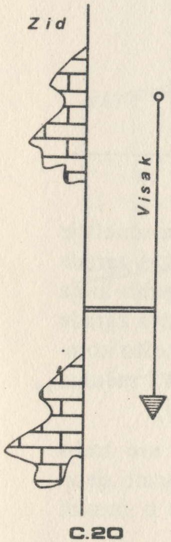
Kako zid zgrade ili panoa nisu gotovo nikad u prvom vertikalu, to će nit viska pokazivati neko odstupanje od nultog položaja u pravom podnevu. Ako očitanu vrijednost na polukružnom kutomjeru označimo s A', tada će azimut biti u našem primjeru: A = 90° - A' ili općenito:

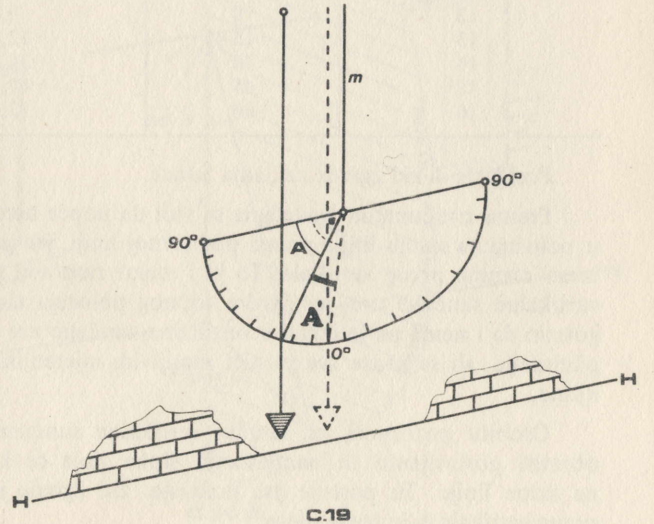
$$A = 90^\circ \pm A' \qquad (7)$$

Takva mjerenja treba obaviti nekoliko puta, tj. u nekoliko dana.

Poznavanje azimuta zida zgrade ili nekog panoa omogućit će nam da izračunamo položaje satnih linija vertikalne sunčane ure, a time da izradimo vertikalnu sunčanu uru, premda azimut zida ili panoa nije 90°.

Za to ćemo se poslužiti formulom:





C.20 C.19

$$\text{ctg}\, t_V = \sin A\, \text{ctg}\, t \sec \varphi + \text{tg}\, \varphi \cos A \qquad (8)$$

gdje je t_V kut satne linije, a pojavile su se i nove trigonometrijske funkcije: cotangens (ctg) i sekans (sec).

Formula (8) je kompliciranija od (6), jer nam se zid zgrade ne nalazi u ravnini prvog vertikala.

Primjer:

Treba (odrediti) izračunati položaje satnih linija za vertikalnu sunčanu uru za zid zgrade kojeg je azimut A = 65°, a geografska širina je $\varphi = +45° 30'$.

Iz izraza (8) za sin A sec φ = 1,29 305 i tg φ cos A = 0,43 006 slijedi:

sati h	t o	t_V o
6	90	66,7
7	75	52,2
8	60	40,4
9	45	30,1
10	30	20,5
11	15	10,8
12	0	0,0
13	-15	-12,8
14	-30	-28,9
15	-45	-49,2
16	-60	-72,4

Poslije 16 h zid zgrade zaklanja Sunce.

Prema izračunatim podacima se vidi da uopće nema simetrije u položajima satnih linija prema podnevnoj liniji, jer je zid zgrade izvan ravnine prvog vertikala. To je i realni raspored satnih linija vertikalne sunčane ure, jer sasvim točnog položaja zidova zgrade gotovo da i nema pa je izradba vertikalne sunčane ure nešto kompliciranija, ali se može sve postići marljivim mjerenjima i računanjima.

Osobitu pozornost pri izradbi vertikalne sunčane ure treba obratiti postavljanju ili namještanju šipke koja će bacati sjenu na satne linije. Tu postoje dva položaja: zid zgrade je u ravnini prvog vertikala ili je izvan njega.

I. zid zgrade u ravnini prvog vertikala

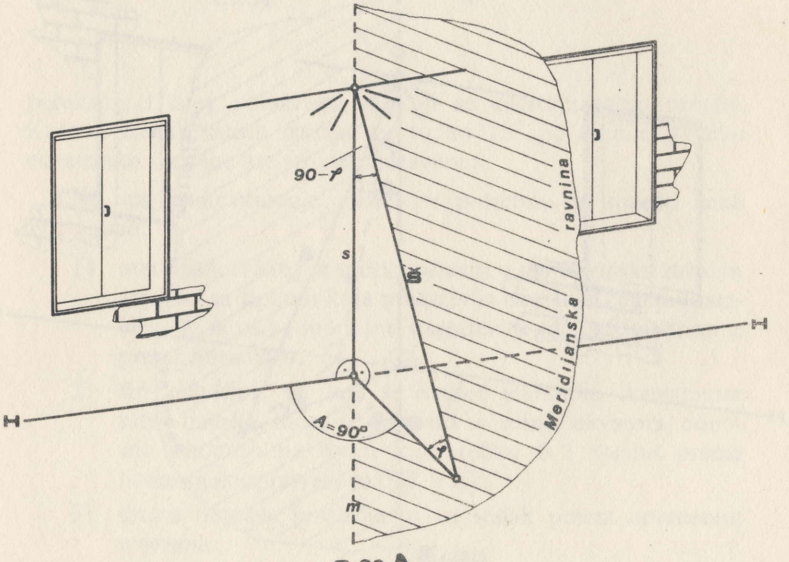
Od kartona ili iz drveta (bolje) treba napraviti trokut s kutovima 90°, (90° - φ) i φ. Dakle, pravokutni trokut. Pravi kut i kut od (90° - φ) postave se uza zid zgrade (crtež C.20A), uz podnevnu liniju (s). Šipka $\check{S}$ postavi se uz hipotenuzu i u tom se položaju ubetonira ili pričvrsti.

II. zid zgrade izvan ravnine prvog vertikala

Tu je malo više posla. Potrebno je izraditi bridnjak koji jednom stranicom prileži uza zid, i to tako da mu jedan brid bude usporedan s podnevnom linijom (crtež C.20B). Da bi se izradio bridnjak potrebno je znati kutove α, β i A'.

Da bi bilo razumljivije, rasklopimo bridnjak kako to prikazuje crtež C.20C. Tu je: $\check{S}$ strana bridnjaka gdje ćemo postaviti šipku u vrijeme betoniranja, m je podnevna linija, s je ortogonalna projekcija šipke na zid zgrade, dok su a, b i c bridovi, a A' kut otklona.

Prema crtežu C.20C može se vidjeti da su traženi kutovi α i β jednaki:



C. 20 A

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin A' \operatorname{ctg} \varphi \qquad (9)$$

$$\sin \beta = \cos A' \cos \varphi \qquad (10)$$

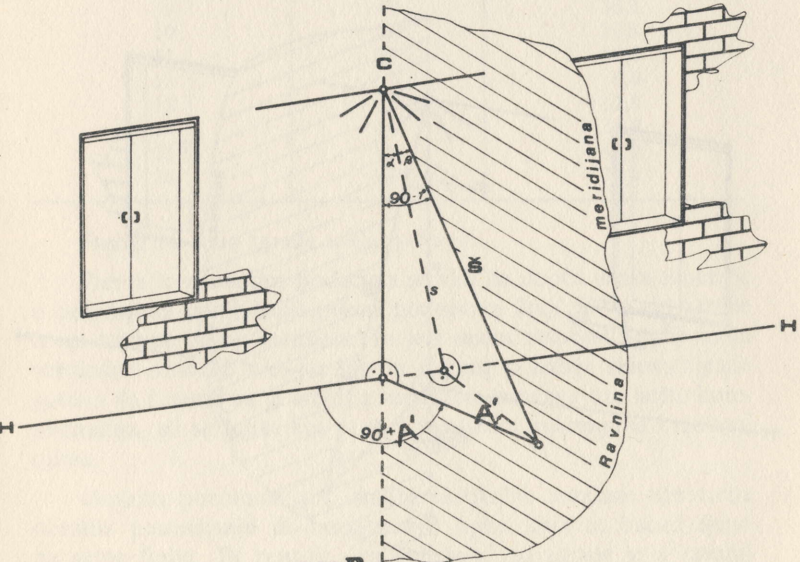
U našem primjeru za $A' = 90^\circ - 65^\circ = 25^\circ$ i $\varphi = 45^\circ\ 30'$ imat ćemo $\alpha = 22^\circ\ 33'$, a $\beta = 39^\circ\ 26'$.

Poznavanjem kutova α i β omogućena je izvedba bridnjaka, a time i sasvim sigurno učvršćenje šipke pod potrebnim kutovima.

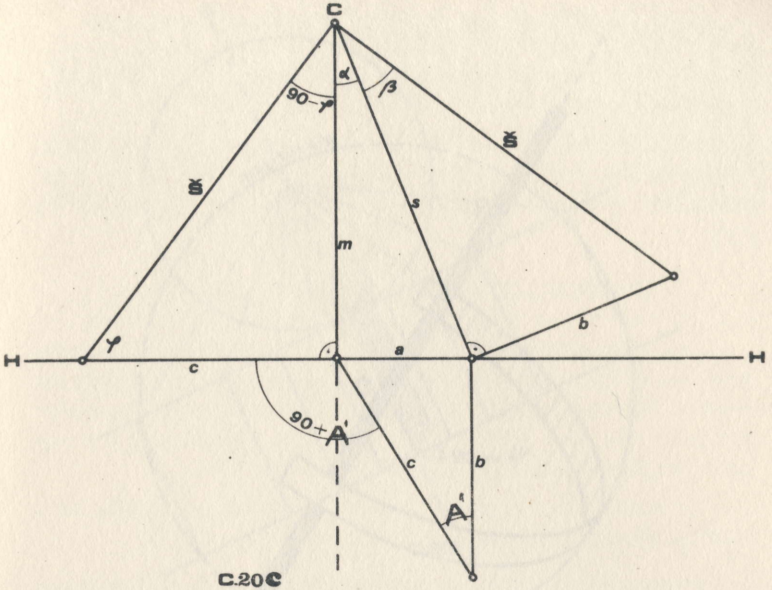
EKVATORSKA SUNČANA URA

Ekvatorske sunčane ure se rjeđe izrađuju. Njihova je izvedba jednostavna, ali je potrebno znati sve osnovne elemente, tj. one elemente što smo ih naveli u opisima horizontalne i vertikalne sunčane ure, a to su: geografska širina, podnevna linija, meridijan, ...

Izgled ekvatorske sunčane ure prikazuje crtež C.21. Ta se ura sastoji od polukruga koji predstavlja meridijan; šipke koja se postavlja u meridijansku ravninu i pričvršćuje za meridijanski



C.20 B

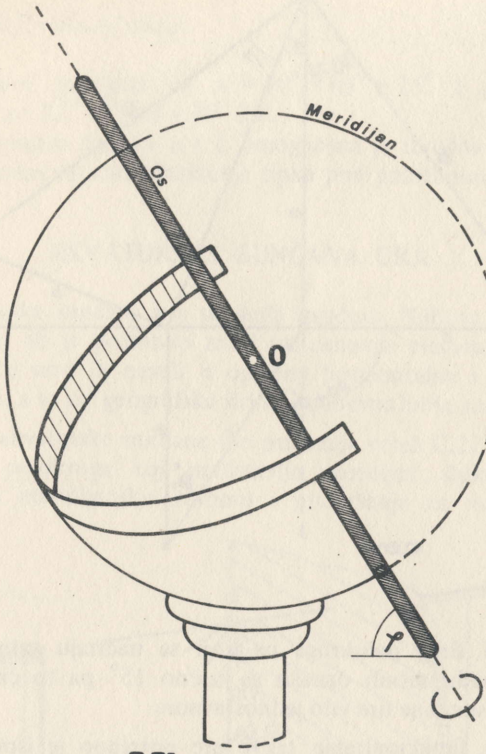


C.20C

polukrug; i šireg polukruga na koji se nacrtaju satne oznake. Kutovi između satnih oznaka su točno 15° pa to čini izvedbu ekvatorske sunčane ure vrlo jednostavnom.

No, za funkcioniranje takve ure potrebno je ispuniti neke uvjete, kao:

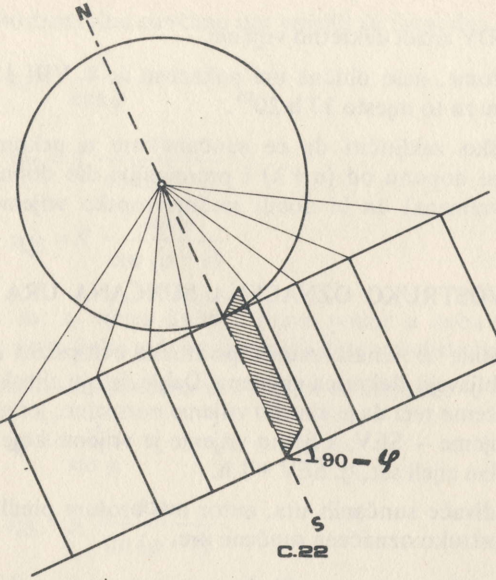
1) meridijanski krug se mora postaviti u meridijansku ravninu zajedno sa šipkom koja predstavlja os vrtnje Zemlje (paralelna je sa osi) i mora biti nagnuta za geografsku širinu φ prema horizontu.
2) širi polukrug, na koji se nanose jednoliko razmaknute satne oznake, mora se postaviti u ravnini ekvatora, odnosno okomito na šipku kroz točku 0 i nagnut prema horizontalnoj ravnini za $(90^\circ - \varphi)$ i
3) čitava naprava postavlja se na stalak prema navedenim uvjetima.



C.21

Pobliže upute izrađivaču ekvatorske sunčane ure nisu ni potrebne, jer ih može naći među uputama za izradbu horizontalne i vertikalne sunčane ure.

Dakako, postoje i neke posebne izvedbe sunčanih ura. Navedimo ovu: meridijanska sunčana ura (crtež C.22). Ona se izrađuje tako da se na zid zgrade koji se nalazi u meridijanskoj ravnini ucrta jedna široka traka pod kutom od $(90^\circ - \varphi)$. U sredini, okomito na traku, postavi se jedan pravokutnik koji će služiti kao sjenopokazivač. Razumljivo je da će ta sunčana ura pokazivati vrijeme ili samo prije ili samo poslije podne.



C.22

Izrađivače sunčanih ura potrebno je još jednom upozoriti da te ure pokazuju PRAVO Sunčevo vrijeme. Ako žele doznati koje je "službeno" vrijeme, tj. koje je vrijeme na našim običnim urama, moraju PRAVO Sunčevo vrijeme "dopuniti" na ovaj način:

Neka je, npr. 4. VIII pročitano vrijeme na sunčanoj uri bilo: 17 h 20^m. Jednadžba vremena toga dana bila je: $E = -6^m$. Geografska dužina položaja ure: $\lambda = -1$ h 04^m, a kako je $SSV = PSV - E = 17$ h 26^m pa prema (4) imamo:

$$SEV = SSV + n + \lambda$$

$$SEV = 17 \text{ h } 26^m + 1 \text{ h} - 1 \text{ h } 04^m$$

$$SEV = 17 \text{ h } 22^m$$

Ali kako smo u našoj zemlji prešli na ljetno vrijeme ili dekretno vrijeme, razlikovat će se za jedan sat ili

$$DV = SEV + 1 \text{ h} = 18 \text{ h } 22^m$$

oznaka DV znači dekretno vrijeme.

Prema tome, naše obične ure pokazivat će 4. VIII 18 h 22^{m}, a sunčane ure za to mjesto 17 h 20^{m}.

Nije teško zaključiti da će sunčane ure u nekom mjestu trebati stalnu dopunu od $(n + \lambda)$ i promjenjivi dio dopune E (za jednadžbu vremena) da bi dobili srednjevropsko vrijeme (SEV).

DVOSTRUKO OZNAČENA SUNČANA URA

Ove godine se i naša zemlja pridružila evropskim zemljama koje upotrebljavaju dekretna vremena. Dakle, imaju zimsko i ljetno vrijeme. Možemo reći da je zimsko vrijeme normalno, jer je srednjoevropsko vrijeme – SEV, a ljetno vrijeme je vrijeme koje je pomaknuto za jedan cijeli sat, tj. SEV + 1 h.

Za izrađivače sunčanih ura, autor ove brošure predlaže da se izrađuju dvostruko označene sunčane ure.

Primjer jedne takve vertikalne sunčane ure s dvostrukim oznakama, koju je projektirao autor brošure, a izradili su je Valter Vlah i Radoslav Mandić, članovi društva, na zgradi Dječjeg centra u Utrinama u Zagrebu, prikazuje fotografija na koricama.

To je prva dvostruko označena vertikalna sunčana ura na svijetu!

Osnovna zamisao dvostruko označene sunčane ure nađena je u činjenici da je Sunce ljeti visoko iznad horizonta, a zimi nisko. Zbog toga se može izračunati da ljeti sjena šipke pada na ljetni dio sunčane ure, a zimi na zimski dio čime je riješeno funkcioniranje sunčanih ura uvođenjem zimskog i ljetnog vremena u svakodnevnom životu: šipka ure će zimi bacati, kod vertikalne sunčane ure, kraću sjenu i padat će na brojke zimskog dijela ure, a ljeti će šipka bacati dužu sjenu koja će padati na brojke ljetnog dijela ure. Kod horizontalne sunčane ure je obrnuto.

Pri izvedbi dvostruko označene sunčane ure, potrebno je izračunati dužinu najkraće i najduže sjene u pravo podne u doba ekvinocija i zimskog i ljetnog solisticija.

Za horizontalnu sunčanu uru vrijedit će formule:

$$s_e = \frac{\check{S}}{\cos \varphi} \qquad (11)$$

$$s_{ZS} = \check{S} \frac{\cos \epsilon}{\cos (\varphi + \epsilon)} \qquad (12)$$

$$s_{LjS} = \check{S} \frac{\cos \epsilon}{\cos (\varphi - \epsilon)} \qquad (13)$$

gdje su: s_e sjena šipke u pravo podne u doba ekvinocija, a s_{ZS} i s_{LjS} sjena šipke u doba zimskog i ljetnog solisticija.

Za vertikalnu sunčanu uru vrijedit će formule:

$$s_e = \frac{\check{S}}{\sin \varphi} \qquad (14)$$

$$s_{ZS} = \check{S} \frac{\cos \epsilon}{\sin (\varphi + \epsilon)} \qquad (15)$$

$$s_{LjS} = \check{S} \frac{\cos \epsilon}{\sin (\varphi - \epsilon)} \qquad (16)$$

gdje su: ϵ nagib ekliptike prema ekvatoru (23°,5), a $\check{S}$ označuje dužinu šipke.

Literatura

1. Britvić ing. Zlatko: *Kako da konstruiram sunčani sat*, "Zemlja i svemir", br. 4, 1968 – 69.
2. Kasumović dr. Marijan: *Geofizika*, III dio, Osnove sferne astronomije, Sveučilište u Zagreb, 1971.
3. Terzić prof. ing. Predrag: *Sferna astronomija*, Sveučilište u Zagrebu, 1978.
4. Vistrička ing. Zvonimir: *Čovjek i vrijeme*, "Priroda", god. LXIX, broj 1, str. 8 – 12, rujan 1980.
5. Britvić ing. Zlatko: *Sunčani satovi*, Seminarski radovi 5, Zvjezdarnica HPD, Zagreb, 1982.
6. Terzić dr. ing. Predrag: *Praktična astronomija*, bilješke s predavanja, Zagreb, 1983.

TABLICA
jednadžbe vremena

dan	siječanj januar	veljača februar	ožujak mart	travanj april	svibanj maj	lipanj juni
1	-3^m09^s	-13^m30^s	-12^m34^s	-4^m11^s	$+2^m49^s$	$+2^m24^s$
2	−3 38	−13 38	−12 23	−3 53	+2 56	+2 15
3	−4 06	−13 45	−12 10	−3 35	+3 03	+2 06
4	−4 33	−13 52	−11 58	−3 17	+3 10	+1 56
5	−5 01	−13 58	−11 45	−3 00	+3 16	+1 46
6	−5 28	−14 03	−11 32	−2 42	+3 21	+1 35
7	−5 54	−14 07	−11 18	−2 25	+3 26	+1 24
8	−6 20	−14 10	−11 03	−2 08	+3 30	+1 13
9	−6 46	−14 13	−10 49	−1 52	+3 33	+1 02
10	−7 11	−14 15	−10 34	−1 35	+3 36	+0 50
11	−7 35	−14 16	−10 19	−1 19	+3 39	+0 38
12	−7 59	−14 17	−10 03	−1 03	+3 41	+0 26
13	−8 23	−14 16	−9 47	−0 47	+3 42	+0 14
14	−8 45	−14 15	−9 31	−0 32	+3 42	+0 01
15	−9 08	−14 13	−9 14	−0 17	+3 43	−0 12
16	−9 29	−14 10	−8 58	−0 02	+3 42	−0 25
17	−9 50	−14 07	−8 41	+0 12	+3 41	−0 37
18	−10 10	−14 03	−8 23	+0 26	+3 39	−0 50
19	−10 29	−13 58	−8 06	+0 40	+3 37	−1 04
20	−10 48	−13 53	−7 49	+0 53	+3 35	−1 16
21	−11 06	−13 46	−7 31	+1 06	+3 32	−1 29
22	−11 23	−13 40	−7 13	+1 18	+3 28	−1 42
23	−11 39	−13 32	−6 55	+1 30	+3 24	−1 55
24	−11 55	−13 24	−6 37	+1 41	+3 19	−2 08
25	−12 09	−13 15	−6 19	+1 53	+3 14	−2 21
26	−12 23	−13 06	−6 00	+2 03	+3 08	−2 34
27	−12 36	−12 56	−5 42	+2 13	+3 02	−2 46
28	−13 49	−12 45	−5 24	+2 23	+2 55	−2 59
29	−13 00		−5 06	+2 32	+2 48	−3 11
30	−13 11		−4 47	+2 41	+2 40	−3 23
31	−13 21		−4 29		+2 32	

TABLICA
jednadžbe vremena

dan	srpanj juli	kolovoz august	rujan septembar	listopad oktobar	studeni novembar	prosinac decembar
1	-3^m35^s	-6^m19^s	-0^m17^s	$+10^m02^s$	$+16^m23^s$	$+11^m19^s$
2	-3 46	-6 16	+0 02	+10 21	+16 24	+10 57
3	-3 58	-6 12	+0 22	+10 40	+16 25	+10 34
4	-4 09	-6 07	+0 41	+10 59	+16 26	+10 10
5	-4 20	-6 02	+1 01	+11 18	+16 25	+ 9 46
6	-4 31	-5 56	+1 20	+11 36	+16 23	+ 9 22
7	-4 41	-5 50	+1 40	+11 53	+16 21	+ 8 56
8	-4 51	-5 43	+2 01	+12 11	+16 18	+ 8 31
9	-5 00	-5 35	+2 21	+12 28	+16 14	+ 8 04
10	-5 09	-5 27	+2 42	+12 44	+16 09	+ 7 38
11	-5 18	-5 19	+3 03	+13 00	+16 04	+ 7 10
12	-5 26	-5 09	+3 24	+13 16	+15 57	+ 6 43
13	-5 34	-4 59	+3 45	+13 31	+15 50	+ 6 15
14	-5 41	-4 49	+4 06	+13 45	+15 42	+ 5 47
15	-5 48	-4 38	+4 27	+13 59	+15 33	+ 5 18
16	-5 55	-4 26	+4 49	+14 13	+15 23	+ 4 49
17	-6 00	-4 14	+5 10	+14 26	+15 12	+ 4 20
18	-6 06	-4 02	+5 31	+14 38	+15 01	+ 3 51
19	-6 10	-3 48	+5 53	+14 50	+14 49	+ 3 22
20	-6 15	-3 35	+6 14	+15 02	+14 36	+ 2 52
21	-6 18	-3 21	+6 36	+15 12	+14 22	+ 2 23
22	-6 21	-3 06	+6 57	+15 22	+14 07	+ 1 53
23	-6 24	-2 51	+7 18	+15 31	+13 51	+ 1 23
24	-6 26	-2 35	+7 39	+15 40	+13 35	+ 0 53
25	-6 27	-2 19	+8 00	+15 48	+13 18	+ 0 23
26	-6 28	-2 03	+8 21	+15 55	+13 00	- 0 06
27	-6 28	-1 46	+8 42	+16 02	+12 41	- 0 36
28	-6 27	-1 29	+9 02	+16 07	+12 22	- 1 06
29	-6 26	-1 11	+9 22	+16 12	+12 02	- 1 35
30	-6 24	-0 53	+9 42	+16 17	+11 41	- 2 05
31	-6 22	-0 35		+16 20		- 2 34

NAPONENA: vrijednosti u tablicama za jednadžbu vremena date su za godinu 1983. One će biti dovoljno točne za izradbu sunčanih ura u bilo kojoj godini.

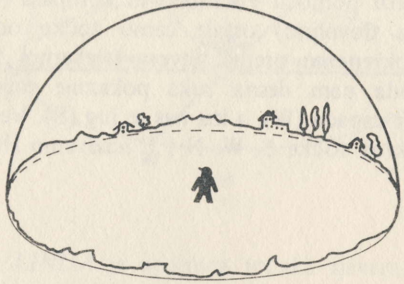
TABLICA
deklinacija Sunca

dan	siječanj januar	veljača februar	ožujak mart	travanj april	svibanj maj	lipanj juni
1	-23°03'	-17°15'	-7°48'	+ 4°20'	+14°55'	+21°59'
2	-22 58	-16 58	-7 25	+ 4 43	+15 13	+22 07
3	-22 52	-16 41	-7 02	+ 5 06	+15 31	+22 15
4	-22 47	-16 23	-6 39	+ 5 29	+15 48	+22 22
5	-22 40	-16 05	-6 16	+ 5 52	+16 06	+22 29
6	-22 34	-15 47	-5 53	+ 6 15	+16 23	+22 36
7	-22 26	-15 28	-5 29	+ 6 37	+16 40	+22 42
8	-22 19	-15 10	-5 06	+ 7 00	+16 56	+22 48
9	-22 11	-14 51	-4 43	+ 7 22	+17 13	+22 53
10	-22 02	-14 31	-4 19	+ 7 45	+17 29	+22 58
11	-21 53	-14 12	-3 56	+ 8 07	+17 44	+23 03
12	-21 44	-13 52	-3 32	+ 8 29	+18 00	+23 07
13	-21 34	-13 32	-3 09	+ 8 51	+18 15	+23 11
14	-21 24	-13 12	-2 45	+ 9 12	+18 30	+23 14
15	-21 13	-12 52	-2 21	+ 9 34	+18 44	+23 17
16	-21 02	-12 31	-1 58	+ 9 56	+18 58	+23 20
17	-20 51	-12 10	-1 34	+10 17	+19 12	+23 22
18	-20 39	-11 49	-1 10	+10 38	+19 26	+23 24
19	-20 27	-11 28	-0 46	+10 59	+19 39	+23 25
20	-20 14	-11 07	-0 23	+11 20	+19 52	+23 26
21	-20 01	-10 45	+0 01	+11 40	+20 04	+23 26
22	-19 48	-10 24	+0 25	+12 01	+20 16	+23 26
23	-19 34	-10 02	+0 48	+12 21	+20 28	+23 26
24	-19 20	- 9 40	+1 12	+12 41	+20 40	+23 25
25	-19 06	- 9 18	+1 36	+13 01	+20 51	+23 24
26	-18 51	- 8 55	+1 59	+13 20	+21 02	+23 23
27	-18 36	- 8 33	+2 23	+13 39	+21 12	+23 21
28	-18 20	- 8 10	+2 46	+13 59	+21 22	+23 18
29	-18 04		+3 10	+14 18	+21 32	+23 16
30	-17 48		+3 33	+14 36	+21 41	+23 12
31	-17 32		+3 56		+21 50	

TABLICA
deklinacija Sunca

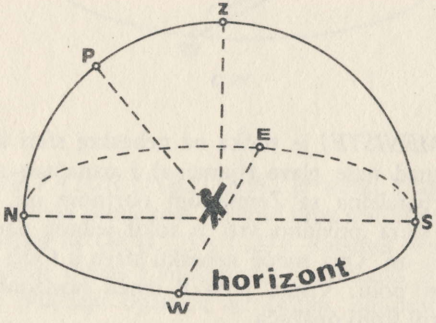
dan	srpanj juli	kolovoz august	rujan septembar	listopad oktobar	studeni novembar	prosinac decembar
1	+23°09'	+18°09'	+8°29'	-2°58'	-14°15'	-21°43'
2	+23 05	+17 54	+8 07	-3 22	-14 34	-21 52
3	+23 00	+17 39	+7 45	-3 45	-14 53	-22 01
4	+22 56	+17 23	+7 23	-4 08	-15 12	-22 10
5	+22 50	+17 07	+7 01	-4 31	-15 31	-22 18
6	+22 45	+16 51	+6 39	-4 54	-15 49	-22 26
7	+22 39	+16 35	+6 17	-5 17	-16 07	-22 33
8	+22 32	+16 18	+5 54	-5 40	-16 25	-22 39
9	+22 26	+16 01	+5 32	-6 03	-16 42	-22 46
10	+22 18	+15 44	+5 09	-6 26	-16 59	-22 52
11	+22 11	+15 26	+4 46	-6 49	-17 16	-22 57
12	+22 03	+15 08	+4 23	-7 11	-17 33	-23 02
13	+21 55	+14 50	+4 01	-7 34	-17 49	-23 07
14	+21 46	+14 32	+3 38	-7 56	-18 05	-23 11
15	+21 37	+14 14	+3 15	-8 19	-18 21	-23 14
16	+21 27	+13 55	+2 51	-8 41	-18 36	-23 17
17	+21 18	+13 36	+2 28	-9 03	-18 51	-23 20
18	+21 07	+13 17	+2 05	-9 25	-19 06	-23 22
19	+20 57	+12 57	+1 42	-9 47	-19 20	-23 24
20	+20 46	+12 38	+1 19	-10 08	-19 34	-23 25
21	+20 35	+12 18	+0 55	-10 30	-19 48	-23 26
22	+20 23	+11 58	+0 32	-10 51	-20 01	-23 26
23	+20 11	+11 38	+0 09	-11 13	-20 14	-23 26
24	+19 59	+11 18	-0 15	-11 34	-20 26	-23 26
25	+19 46	+10 57	-0 38	-11 55	-20 38	-23 25
26	+19 34	+10 36	-1 02	-12 15	-20 50	-23 23
27	+19 20	+10 16	-1 25	-12 36	-21 02	-23 21
28	+19 07	+ 9 54	-1 48	-12 56	-21 12	-23 19
29	+18 53	+ 9 33	-2 12	-13 16	-21 23	-23 16
30	+18 39	+ 9 12	-2 35	-13 36	-21 33	-23 12
31	+18 24	+ 8 51		-13 56		-23 08

NAPOMENA: Vrijednosti u tablicama za deklinecije Sunca date su za 1982. godinu. One će biti dovoljno točne za izradu sunčanih ura za bilo koju godinu.



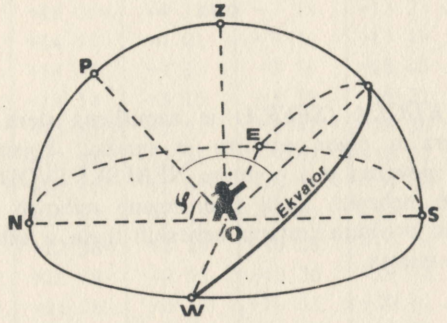
C.23

NEBESKA KUGLA (SFERA) je zamišljena sfera proizvoljnog polumjera u čijem središtu je opažač. Pojam NEBESKA SFERA povezan je s pojmom NEBESKI SVOD. Na toj sferi
C.23 opažamo nebeska tijela i promjene njihovih položaja. To nazivamo prividna kretanja nebeskih tijela, a njihove položaje prividna mjesta.



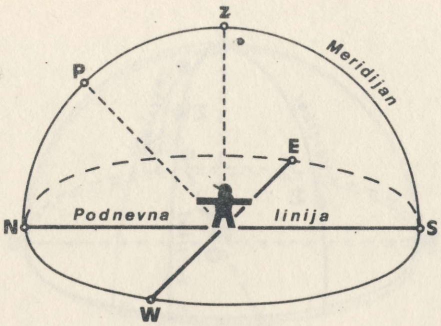
C.24

ORIJENTACIJA NEBESKE KUGLE (SFERE) je određivanje osnovnih ili kardinalnih točaka strana svijeta i nebeske sfere: sjevera (N), juga (S), istoka (E), zapada (W), zenita (Z) i sjevernog nebeskog pola P. Kad se odredi sjeverna točka na horizontu pomoću Polarnice ili kompasa (što je za prvu orijentaciju dovoljno) ostale ćemo točke odrediti ovako:
C.24 licem se okrenemo prema sjeveru (sjevernoj točki na horizontu), tada nam desna ruka pokazuje smjer istoka (E), lijeva smjer zapada (W), a iza nas je jug (S). Veliki krug nebeske sfere kroz točke S, W, N i E nazivamo HORIZONTOM.



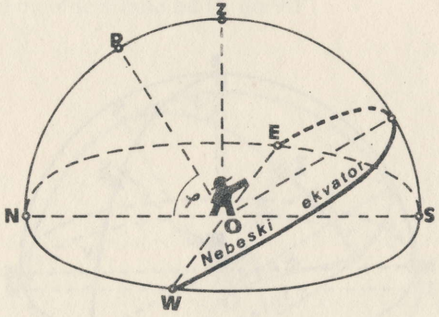
C.25

ZENIT (TJEMENIŠTE) je točka na nebeskoj sferi koja se nalazi točno iznad naše glave (tjemena) i označava se slovom Z. Os OP, paralelna sa Zemljinom obrtnom osi, oko koje se nebeska sfera prividno vrti u toku jednog dana, nazivamo
C.25 svjetskom osi. Ona siječe nebesku sferu u točci P, sjevernom nebeskom polu. Visina pola P iznad horizonta jednaka je geografskoj širini opažača.



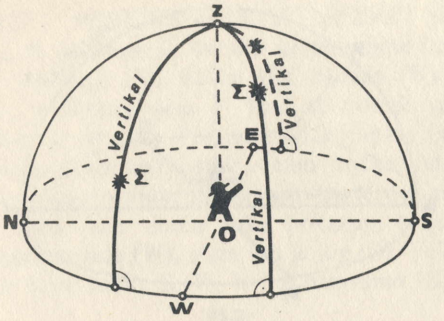
C.26

PODNEVNA LINIJA je spojnica točaka sjevera (N) i juga (S).
C.26 To je zapravo projekcija meridijana opažača na horizont. Merdijan opažača prolazi točkama N, P, Z i S.



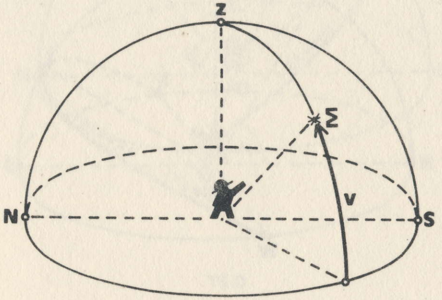
C.27

NEBESKI EKVATOR (POLUTNIK) je veliki krug nebeske sfere, koji se dobija presjekom ravnine kroz središte sfere 0 okomito na svjetsku os OP (C.25 i C.27). Ravnina nebeskog ekvatora
C.27 nije svugdje jednako visoko iznad horizonta, jer njezin položaj ovisi o položaju opažača na Zemlji, odnosno o geografskoj širini mjesta opažača.



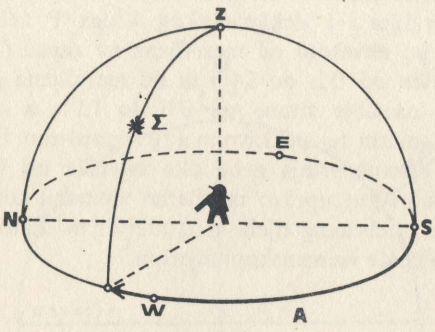
C.28

VERTIKAL je vertikalni krug okomit na horizontu, a prolazi
zenitom i nebeskim tijelom. Osobito je važan tzv. prvi vertikal
C.28 koji prolazi točkama E i W.



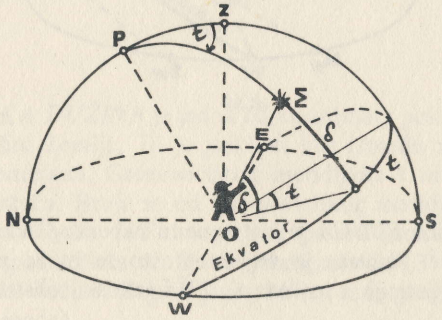
C.29

VISINA NEBESKOG TIJELA je luk vertikala od horizonta do
nebeskog tijela. Ona je jedna koordinata u horizontskom
C.29 sustavu. Broji se od horizonta do zenita od 0° do 90°. Ako je
ispod horizonta vrijednosti su joj negativne.



C.30

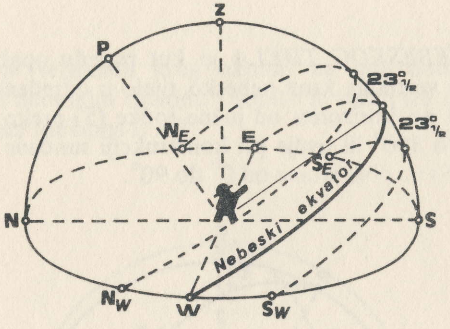
AZIMUT NEBESKOG TIJELA je kut između opažačevog meri-
dijana i vertikala kroz nebesko tijelo u određenom trenutku.
C.30 Broji se po horizontu od južne točke (S) preko zapadne (W)
od 0° do 360° ili ovdje pri konstrukciji sunčane ure od južne
točke (S) na obje strane od 0° do 90°.



C.31

DEKLINACIJA NEBESKOG TIJELA je kut između ekvatorske
ravnine i pravca iz točke opažanja 0 na nebesko tijelo ili luk
C.31 od ekvatora do nebeskog tijela. Broji se od ekvatora do sjever-
nog nebeskog pola od 0° do 90°.

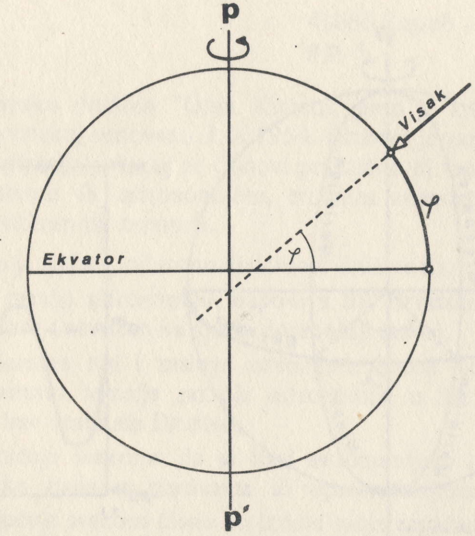
SATNI KUT NEBESKOG TIJELA je kut t između ravnine nebeskog meridijana i deklinacijskog kruga P nebeskog tijela. Broji se po ekvatoru od meridijana na zapad (W) od 0° do 360°, češće od 0 h do 24 h ili od meridijana po nebeskom ekvatoru na obje strane od 0 h do 12 h, a označavaju se
C.31 t_W i t_E i smatra t_W pozitivnim a t_E negativnim. Pretpostavimo li da je dnevna vrtnja neba oko svjetske osi OP jednolika, tada je satni kut upravo razmjeran vremenu koje je proteklo od prolaza nebeskog tijela kroz meridijan. Zato se satni kut i izražava češće vremenskom mjerom.



C.32

DEKLINACIJA SUNCA je kut između nebeskog ekvatora i pravca
C.32 na Sunce. Najveća je vrijednost što se može postići +23°,5 (ljetni solisticij), a najmanja −23°,5 (zimski solisticij).

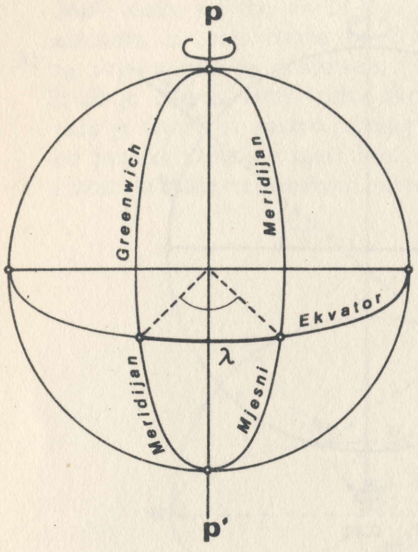
GEOGRAFSKA ŠIRINA je jedna od koordinata položaja opažača na površini Zemlje. To je kut što ga zatvara vertikala (visak)
C.33 na površini Zemlje s ravninom ekvatora. Broji se od ekvatora do položaja opažača; prema sjevernom polu Zemlje je pozitivna, a prema južnom negativna.



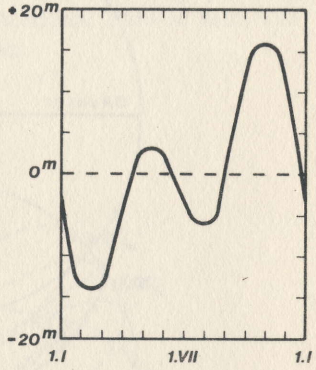
C.33

GEOGRAFSKA DUŽINA je jedna od koordinata položaja opažača na površini Zemlje. To je prikloni kut između ravnine početnog meridijana, Greenwichkog meridijana i ravnine meridijana opažača. Broji se od Greenwichkog meridijana na obje
C.34 strane od 0° do 180°: negativna prema istoku, a pozitivna prema zapadu. Naša zemlja se nalazi između 13° i 23° istočne geografske dužine. Zagreb je na 16° istočne geografske dužine (sredina grada).

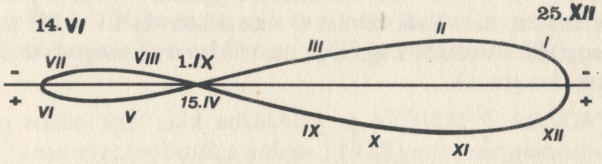
JEDNADŽBA VREMENA je jednadžba koja daje odnos pravog Sunčevog vremena (PSV) i srednjeg Sunčevog vremena (SSV),
C.35 a glasi: E = PSV − SSV. Prema krivuljama se vidi da jednadžba
C.36 poprima pozitivne i negativne vrijednosti. Najviša vrijednost nikada ne premašuje 17^m. Četiri puta godišnje jednadžba vremena jednaka je ništici, pa je PSV = SSV.



C.34



C.35



C.36

ASTRONOMSKO DRUŠTVO "OTON KUČERA"

41080 Zagreb – Šestine
p.p. 4

Astronomsko društvo "Oton Kučera" **prvo** je astronomsko društvo u Hrvatskoj osnovano 3. X 1954. Društvo je samoupravna stručna organizacija u kojoj se članovi praktično ili teorijski bave zvjezdoznanstvom ili astronomijom, srodnim znanostima ili se zanimaju razvitkom tih znanosti.

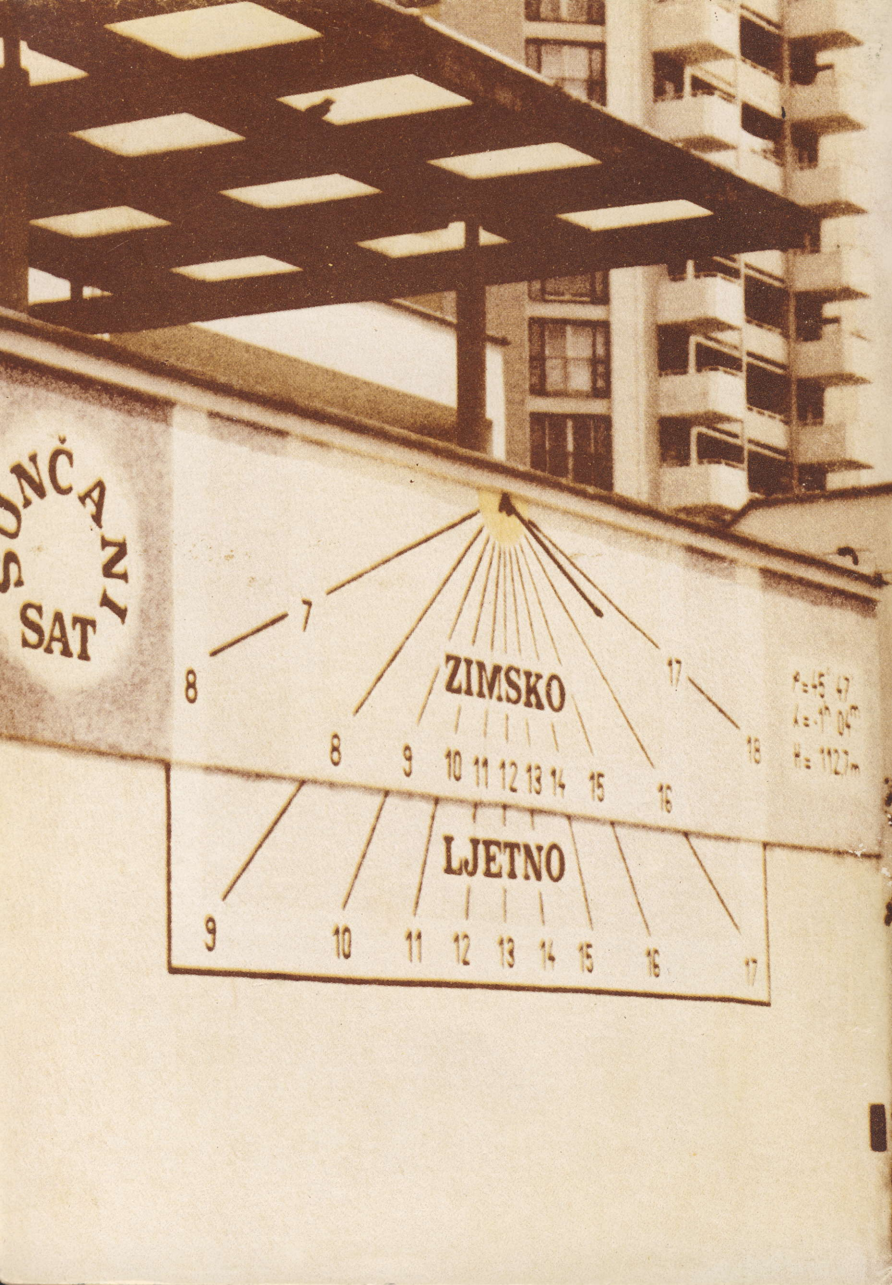
Temeljna je zadaća, odnosno djelatnost društva da:

- širi i razvija astronomiju, napose u SR Hrvatskoj, danas i u buduće s osvrtom na njezin dosadašnji razvoj,
- popularizira rad i zasluge astronoma Otona Kučere koji je postavio temelje razvoja astronomije u SR Hrvatskoj i čije ime nosi naše Društvo,
- omogućuje svakome da se bavi astronomijom i promatra nebeska tijela u stanicama ili opservatorijima Društva,
- omogućuje svakom članu da iznese svoja zapažanja, mišljenja, hipoteze i teorije na društvenim i javnim tribinama,
- surađuje s drugim sličnim društvima u zemlji i inozemstvu kao i profesionalnim astronomskim organizacijama,
- osniva vlastite astronomske postaje ili opservatorije,
- organizira tečajeve, ekspedicije, simpozije, predavanja, izdaje knjige, časopise, biltene i ostale publikacije s osnovnom namjenom: širenje i razvoj astronomije,
- snima propagandne emisije i filmove astronomskog sadržaja i
- organizira stručnu ekipu za pružanje stručnih usluga pri postavljanju i popravku instrumenata.

(Prema Statutu Društva)

Pozivamo sve prijatelje i ljubitelje astronomije da se učlane u Društvo i da svojom suradnjom i vlastitim radom doprinesu razvoju ove lijepe znanosti.

Primanje u članstvo obavlja se na temelju pismene prijave (pristupnice) koju dostavljamo na Vaš zahtjev.


SUNČANI SAT
7
8
ZIMSKO
17
18
8 9 10 11 12 13 14 15 16
LJETNO
9 10 11 12 13 14 15 16 17